

# BREVET D'INVENTION

Gr. 12. — Cl. 2.

N° 1.195.239

Classification internationale : G 10 j — G 01 h

Procédé et appareil pour la rééducation de la voix.

M. ALFRED-ANGE-AUGUSTE TOMATIS résidant en France (Seine).

Demandé le 23 novembre 1957, à 10<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>, à Paris.  
Délivré le 19 mai 1959. — Publié le 16 novembre 1959.



(*Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.*)

La présente invention concerne un procédé et un appareil pour la rééducation de la voix.

On sait que la phonation d'un sujet dépend de son audition. La mise en évidence de ce phénomène est connue sous le nom de « effet Tomatis ».

On connaît déjà un appareil qui permet de recevoir toutes les fréquences présentes dans les sons émis par un sujet et de les traduire en signaux électriques, d'isoler ensuite des bandes de fréquences de ces signaux au moyen de filtres et d'appliquer à l'oreille une audition dont on a éliminé les sons traumatisants pour le larynx (correspondant à une bande de fréquence comprise sensiblement entre 100 et 500 c/s) en laissant percevoir uniquement les sons de bonne qualité (par exemple de fréquence supérieure à 2 000 c/s).

Cet appareil présente un inconvénient : en effet les voyelles au départ se prononcent, pour la plupart, entre 100 et 500 c/s, si bien qu'il faut tout de même entendre dans cette bande pour bien prononcer les voyelles et pour émettre le son fondamental.

La présente invention a pour but de remédier à cet inconvénient.

A cet effet ce procédé de rééducation de la voix consiste à traduire les sons émis par un sujet en signaux électriques, à isoler et transmettre tout d'abord les signaux de fréquences basses correspondant aux sons traumatisants, à isoler et transmettre ensuite les signaux de fréquences élevées correspondant aux sons de bonne qualité, et à faire entendre successivement au sujet les signaux de fréquences basses puis les signaux de fréquences élevées de façon à lui permettre tout d'abord la prononciation des voyelles et ensuite l'émission de sons de bonne qualité.

La présente invention a également pour objet un appareil pour la mise en œuvre de ce procédé comprenant des moyens pour traduire les sons émis par un sujet en signaux électriques, des moyens pour amplifier ces signaux, un filtre passe-bas pour isoler les signaux de fréquences basses correspondant aux sons traumatisants, et un filtre

passe-haut pour isoler les signaux de fréquences élevées correspondant aux sons de bonne qualité, un circuit de sortie alimenté par lesdits filtres et traduisant en sons les signaux filtrés et des moyens pour bloquer et débloquer successivement les filtres passe-bas et passe-haut de telle façon que les signaux de fréquences basses soient transmis au circuit de sortie en premier lieu et qu'ils soient suivis immédiatement des signaux de fréquences élevées.

Les moyens pour bloquer et débloquer les filtres passe-bas et passe-haut peuvent être constitués par une chaîne de commande auxiliaire connectée à la sortie de l'étage amplificateur d'entrée de l'appareil, cette chaîne comprenant des amplificateurs et des moyens engendrant des signaux de commande, de phase et de polarité appropriées, qui sont appliqués, à des moments et durant des périodes de temps déterminés, aux filtres passe-bas et passe-haut.

On peut utiliser un dispositif à constante de temps dissymétrique, en combinaison avec des moyens inverseurs, pour débloquer un filtre tandis que l'autre est bloqué et vice-versa.

Un fréquencemètre est branché à la sortie de l'étage amplificateur d'entrée de la chaîne auxiliaire de commande afin de déterminer la fréquence de l'harmonique le plus puissant présent dans le son émis par le sujet et de permettre de suivre ainsi l'évolution de la rééducation.

Le procédé et l'appareil selon l'invention permettent de soigner les troubles du timbre et ceux du rythme qui dépendent tous deux de l'audition du sujet.

En effet les premiers en dépendent ainsi qu'il vient d'être décrit. Les seconds sont l'application de la mise en évidence, par le docteur Tomatis, de l'existence d'une oreille directrice : on vise le son avec une oreille de la même façon qu'on vise un objet avec un œil.

La perte de l'oreille directrice qui se trouve toujours à droite chez le droitier et à gauche chez le gaucher, est la raison des troubles de la phonation

frappant toujours le rythme et pouvant aller du simple bafouillement au bégaiement le plus sévère.

La perte de l'oreille directrice n'est pas nécessairement une perte totale mais une hypoacusie relative. Il s'agit donc pour pallier les troubles de la phonation de remédier à ce déséquilibre en rétablissant une hyperacusie relative pour rendre à l'oreille directrice son rôle.

On décrira ci-après, à titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation de la présente invention en référence aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est un schéma de principe sous forme de blocs d'un appareil selon l'invention.

La figure 2 est un schéma électrique d'un mode de réalisation de cet appareil.

Les figures 3 (A à E) sont des diagrammes de formes d'ondes présentes en certains points du schéma de la figure 2.

Sur la figure 1 un microphone 1 est connecté à un premier étage amplificateur d'entrée 2 lui-même connecté à un second étage amplificateur 3. La sortie de cet étage amplificateur 3 est connectée d'une part à l'entrée d'un élément de filtrage passe-bas 4 et d'autre part à l'entrée d'un élément de filtrage passe-haut 5. Les éléments 4 et 5 comprennent en réalité le filtre proprement dit et un amplificateur. Les sorties de ces deux éléments de filtrage 4 et 5 sont reliées à une même entrée d'un étage amplificateur 6 dont la sortie est connectée à un autre étage amplificateur 7. La sortie de cet amplificateur 7 alimente un bloc de sortie 8 auquel sont connectés les écouteurs 9.

Les éléments 1 à 9 constituent la chaîne principale de l'appareil.

À la sortie de l'amplificateur d'entrée 2 est connecté un amplificateur 10 dont la sortie alimente un autre amplificateur 11. La sortie de l'amplificateur 11 est connectée à une entrée de commande d'un bloc 12-13 dont les deux sorties sont respectivement connectées par les conducteurs 14-15 à des entrées de commande des éléments de filtrage passe-bas 4 et passe-haut 5.

Les éléments 10, 11, 12, 13 constituent la chaîne auxiliaire de commande des éléments de filtrage passe-bas 4 et passe-haut 5.

Un fréquencemètre 16 est branché à la sortie de l'étage amplificateur 10.

On décrira maintenant, de façon détaillée un mode de réalisation de cet appareil représenté sur la figure 2.

Le microphone 1 alimente le transformateur d'entrée 2a dont le secondaire est connecté à la grille de contrôle d'une pentode 2c. L'anode de cette pentode est connectée à la grille de contrôle de la pentode 3c de l'étage amplificateur 3. La cathode de cette pentode 3c est reliée à un filtre passe-bas constitué par le condensateur 4a et le potentiomètre 4b. Le curseur de ce potentiomètre 4b est connecté à la grille de contrôle d'une pentode amplificatrice 4c qui est comprise dans l'élément de filtrage passe-bas 4. La grille de contrôle de cette

pentode 4c est également reliée à un contact 17a normalement ouvert, qui est mis à la masse, et par ailleurs au conducteur 14.

La cathode de la pentode 3c est également connectée en parallèle à un filtre passe-haut constitué par le condensateur 5a et le potentiomètre 5b en parallèle avec ce dernier. Le curseur du potentiomètre 5b est connecté à la grille de contrôle d'une pentode amplificatrice 5c qui est comprise dans l'élément de filtrage passe-haut 5. La grille de contrôle de cette pentode 5c est connectée par ailleurs à un contact 17b normalement ouvert, qui est mis à la masse, et d'autre part au conducteur 15.

Les contacts 17a et 17b font partie d'un même interrupteur à contacts multiples et peuvent être manœuvrés simultanément.

Les anodes des pentodes 4c et 5c sont réunies et connectées à la grille de contrôle d'une pentode amplificatrice 6c. L'anode de cette pentode est à son tour connectée à la grille de contrôle d'une autre pentode amplificatrice 7c dont la cathode est connectée au primaire du transformateur de sortie 8a.

Le secondaire de ce transformateur 8a est connecté à un atténuateur 8b et à un inverseur 8c auquel sont reliés les écouteurs 9.

La chaîne auxiliaire de commande comprend un premier étage amplificateur 10 composé d'une pentode 10c à gain constant dont la grille de contrôle est connectée à l'anode de la pentode 2c du premier étage amplificateur d'entrée. L'anode de cette pentode 10c est à son tour reliée à la grille de contrôle de la pentode 11c de l'étage amplificateur suivant 11, par l'intermédiaire d'un potentiomètre 11a permettant de faire varier le gain de la chaîne de commande.

L'anode de la pentode 11c est connectée à une entrée du dispositif 12-13 engendrant les signaux de commande, en l'occurrence à la cathode 12b d'une double diode 12a. L'anode 12c associée à la cathode 12a est connectée par une résistance 12f à la cathode 13b d'une double triode 13a. Cette cathode 13b est connectée à la masse par un condensateur 12g. L'anode 12c est également connectée à la masse par un condensateur 12l et à la grille 13c de la double triode 13a par la résistance 12k. Cette grille 13c est reliée à la masse par le condensateur 12m. L'anode 13d et la cathode 13e de la double triode 13a sont mises à la masse tandis que la grille 13f est reliée à la cathode 12d de la double diode 12a et au conducteur de sortie 15. L'anode 12e, associée à la cathode 12d, est connectée à un élément de pile 12j. L'anode 13g de la double triode 13a est connectée à la batterie 12k en série avec le potentiomètre 12i dont le curseur est relié au conducteur 14.

Le fréquencemètre 16 comprend une première pentode amplificatrice 16a dont la grille de contrôle est connectée à l'anode de la pentode 10c

du premier étage amplificateur de la chaîne de commande. L'anode de cette pentode 16a est à son tour connectée à la grille de contrôle d'une seconde pentode amplificatrice 16b dont l'anode est reliée, par un circuit limiteur 16d, à la grille de contrôle d'une troisième pentode amplificatrice 16c montée en cathodyne. La sortie de cette pentode 16c est appliquée à un galvanomètre 16e par l'intermédiaire d'un circuit différentiateur constitué par le potentiomètre 16g et le condensateur 16f.

On décrira maintenant le fonctionnement de l'appareil représenté sur la figure 2 en se référant aux formes d'ondes représentées sur la figure 3.

Le sujet dont la voix doit être rééduquée émet des sons qui sont traduits par le microphone 1 en signaux électriques dont les fréquences correspondent au son fondamental et aux différents harmoniques de celui-ci. L'ensemble de ces signaux est amplifié par une première pentode 2c et les signaux recueillis à la sortie de cette pentode sont dirigés d'une part vers le second étage amplificateur d'entrée 3 et d'autre part vers le premier étage amplificateur 10 de la chaîne auxiliaire de commande.

L'ensemble des signaux est une nouvelle fois amplifié par la pentode 3c qui est connectée à la fois au filtre passe-bas 4a-4b et au filtre passe-haut 5a-5b d'autre part. Ces filtres sont réglés pour isoler des bandes de fréquence telles que, par exemple, de 100 à 500 c/s pour le filtre passe-bas et supérieures à 2 000 c/s pour le filtre passe-haut. Les sorties de ces filtres sont respectivement appliquées aux grilles de contrôle des pentodes amplificatrices 4c-5c. Ces grilles étant d'autre part connectées aux conducteurs 14-15, le blocage et le déblocage des éléments de filtrage passe-bas 4 et passe-haut 5 dépendent des tensions de commande qui sont appliquées à ces conducteurs.

Une chaîne auxiliaire de commande constituée des éléments 10, 11, 12, 13 reçoit le mélange des signaux à la sortie du premier étage amplificateur d'entrée 2. signaux qui sont appliqués à la grille de contrôle de la pentode 10c. Ces signaux sont ensuite amplifiés une nouvelle fois par la pentode 11c dont le gain peut être réglé par le potentiomètre 11a.

L'ensemble des signaux électriques recueillis à la sortie de la pentode 11c est appliqué à la diode 12b-12c qui sert à l'élimination des signaux parasites en ne laissant passer que les signaux proprement dits de niveau supérieur à un certain seuil. Les signaux recueillis sur l'anode 12c sont ensuite appliqués à un circuit à constante de temps dissymétrique comprenant notamment la triode 13b-13c-13d et le condensateur 12g.

Ce circuit à constante de temps dissymétrique fonctionne de la façon suivante : quand un signal apparaît sur la cathode 12b, un courant circule qui charge le condensateur 12g. Ce courant, en

traversant la résistance 12f, crée une différence de potentiel qui rend la grille 13c très négative ; il en résulte une très grande résistance apparente entre la cathode 13b et l'anode 13d. Si le signal sur l'anode 12c vient à disparaître ou diminuer, le condensateur 12g se décharge, la grille 13c devient alors très positive et la résistance apparente anode 13d-cathode 13b est très faible d'où accélération de la décharge du condensateur 12g. Les condensateurs 12l et 12m servent à maintenir la grille 13c positive pendant cette décharge.

La diode 12d-12e associée à la batterie 12j joue le rôle limiteur de charge du condensateur 12g.

La variation de tension de charge du condensateur 12g en fonction du temps pour un signal donné émis par un sujet est représentée schématiquement sur la figure 3B. Le condensateur 12g est normalement à la tension  $-V$  volts, en l'absence de signal. Quand un signal est engendré, la tension croît de  $-V$  volt à 0 volt pendant un temps  $t_1$ . La tension se maintient à cette valeur tant que le signal est présent, c'est-à-dire pendant le temps  $t_2$ . Lorsque le signal cesse, le condensateur 12g se décharge brusquement pendant le temps  $t_3$  et la tension retombe à  $-V$  volts. Le temps  $t_3$  est beaucoup plus court que le temps  $t_2$ . A titre d'exemple des valeurs expérimentales relevées sont  $t_1 = 0,33$  s et  $t_3 = 0,1$  s.

La tension du conducteur 15 suit les variations de tension du condensateur 12g. Par ailleurs ce conducteur 15 est également connecté à la grille 13f. Le conducteur 14, qui est connecté au curseur du potentiomètre 12i disposé dans le circuit de l'anode 13g, est donc soumis à une tension de polarité inverse de celle appliquée au conducteur 15 puisque la triode 13e-13f-13g fonctionne en inverseur. Cette variation de tension du conducteur 14 est représentée schématiquement sur la figure 3c. Il est à noter, qu'en l'absence de signal, le conducteur 14 est au potentiel 0 volt.

On recueille ainsi sur les conducteurs 14-15 des signaux de commande dissymétriques caractérisés par un front avant à montée lente et un front arrière à chute brusque.

Les deux pentodes amplificatrices 4c et 5c des éléments de filtrage 4 et 5 sont donc respectivement débloquées et bloquées, en l'absence de sons émis par le sujet, puisque le potentiel de leurs grilles de contrôle est égal à celui des conducteurs 14 et 15.

On suppose, pour simplifier, que le signal électrique complexe recueilli à la sortie de la pentode 2c et correspondant aux sons émis par le sujet, est constitué uniquement par un signal de fréquence basse sinusoïdale  $f_0$  (inférieure à 500 c/s par exemple) et un signal de fréquence élevée sinusoïdale  $f_1$  (supérieure à 2 000 c/s).

Lorsque ce signal complexe correspondant aux sons émis par le sujet se présente simultanément

à l'entrée des éléments de filtrage 4 et 5, la grille de contrôle de la pentode 4c se trouve à un potentiel supérieur à celui du blocage et cette pentode 4c est donc débloquée. Le condensateur 12g commence alors à se charger si bien que le potentiel du conducteur 14, et par conséquent celui de la grille de contrôle de la pentode 4c, décroît vers une valeur —V volts (figure 3C).

L'élément de filtrage 4 laisse donc passer pendant un intervalle de temps très court pratiquement égal à  $t_1$ , le signal de fréquence basse  $f_0$ .

Simultanément la pentode 5c de l'élément de filtrage passe-haut 5 qui est normalement bloquée en l'absence de signal, est progressivement débloquée lorsque la tension de sa grille de contrôle croît de —V volts à 0 volt (figure 3B).

Il résulte de ce qui précède que les signaux de fréquence basse  $f_0$  sont tout d'abord transmis par l'élément de filtrage passe-bas 4. Leur amplitude décroît progressivement et tend vers zéro quand la tension de la grille de contrôle de la pentode 4c tend vers une valeur voisine de —V volts (figure 3D).

De même les signaux de fréquence élevée  $f_1$  passent à travers l'élément de filtrage passe-haut 5 avec un niveau qui croît progressivement lorsque la tension de la grille de contrôle de la pentode 5c tend vers 0 volt. (Figure 3E).

Ainsi est appliquée à l'entrée du premier étage amplificateur de sortie 6 une succession de signaux électriques sélectionnés dans le temps, à savoir tout d'abord, sensiblement pendant l'intervalle de temps  $t_1$ , les signaux correspondant aux fréquences graves et par conséquent à la voix « détimbrée », ces signaux étant immédiatement suivis par les signaux de fréquences élevées correspondant aux harmoniques de bonne qualité, autrement dit à la voix « timbrée ». Ces signaux de fréquences élevées sont transmis pendant un intervalle de temps beaucoup plus long. L'intervalle de temps  $t_2$  dépend de la durée pendant laquelle le sujet « tient » une note.

La succession de ces signaux est ensuite amplifiée par le second étage amplificateur de sortie 7 et appliquée au primaire du transformateur de sortie 8a. Les signaux recueillis au secondaire de ce transformateur sont transmis aux écouteurs 9 par l'intermédiaire d'un inverseur 8c et d'un atténuateur 8b.

L'atténuateur 8b a été prévu pour compenser le niveau des signaux de sortie suivant l'affaiblissement présenté par l'oreille directrice du sujet, c'est-à-dire l'oreille qui prédomine dans la « visée » du son.

L'inverseur 8c permet d'orienter les signaux vers l'oreille droite ou l'oreille gauche suivant le cas.

Les contacts 17a et 17b normalement ouverts, qui font partie du même interrupteur à contacts multiples, permettent de supprimer la commande auto-

matique des éléments de filtrage 4-5 par mise à la masse des grilles de contrôle des pentodes 4c-5c. Dans ce cas la chaîne auxiliaire de commande n'a plus aucun effet sur la chaîne principale, et les éléments de filtrage 4 et 5 sont tous les deux débloqués. Les signaux complexes recueillis à la sortie du premier étage amplificateur 10 de la chaîne auxiliaire de commande, c'est-à-dire à l'anode de la pentode 10c, sont appliqués au fréquencemètre 16. Ils sont successivement amplifiés par les pentodes 16a, 16b et ensuite écrêtés par l'étage limiteur 16d afin d'être appliquées à la grille de contrôle de la pentode 16c.

Les signaux recueillis sur la cathode de cette pentode 16c sont différenciés par le circuit différentiateur comprenant le potentiomètre 16g et le condensateur 16f. Le galvanomètre 16e indique la fréquence de l'harmonique le plus puissant présent dans les signaux à la sortie de l'étage 10. L'examen de la valeur de cette fréquence permet de suivre les progrès de la rééducation de la voix.

Il est bien évident que l'appareil selon l'invention pourrait être réalisé au moyen d'autres éléments constitutifs que des tubes, par exemple un moyen de transistors, etc.

#### RÉSUMÉ

1° Ce procédé de rééducation de la voix consiste à traduire les sons émis par un sujet en signaux électriques, à isoler et transmettre tout d'abord les signaux de fréquences basses correspondant aux sons traumatisants, à isoler et transmettre ensuite les signaux de fréquences élevées correspondant aux sons de bonne qualité, et à faire entendre successivement au sujet les signaux de fréquences basses, puis les signaux de fréquences élevées de façon à lui permettre tout d'abord la prononciation des voyelles et ensuite d'émission de sons de bonne qualité;

2° Cet appareil pour la mise en œuvre de ce procédé comprend des moyens pour traduire les sons émis par un sujet en signaux électriques, des moyens pour amplifier ces signaux, un filtre passe-bas pour isoler les signaux de fréquences basses correspondant aux sons traumatisants et un filtre passe-haut pour isoler les signaux de fréquences élevées correspondant aux sons de bonne qualité, un circuit de sortie alimenté par lesdits filtres et traduisant en sons les signaux filtrés, et des moyens pour bloquer et débloquer successivement les filtres passe-bas et passe-haut de telle façon que les signaux de fréquences basses soient transmis au circuit de sortie en premier lieu et qu'ils soient suivis immédiatement des signaux de fréquences élevées;

3° Les moyens pour bloquer et débloquer les filtres passe-bas et passe-haut constituent par une chaîne de commande auxiliaire connectée à la sortie

de l'étage amplificateur d'entrée de l'appareil, cette chaîne comprenant des amplificateurs et des moyens engendrant des signaux de commande, de phase et de polarité appropriées, qui sont appliqués à des moments et durant des périodes de temps déterminées, aux filtres passe-bas et passe-haut;

4° On utilise un dispositif à constante de temps dissymétrique, en combinaison avec des moyens inverseurs, pour débloquer un filtre tandis que l'autre est bloqué et vice versa;

5° Un fréquencemètre est branché à la sortie de l'étage amplificateur d'entrée de la chaîne auxiliaire de commande afin de déterminer la fréquence de l'harmonique le plus puissant présent dans le son émis par le sujet et de permettre de suivre ainsi l'évolution de la rééducation.

ALFRED-ANGE-AUGUSTE TOMATIS.

Par procuration :  
Office BLÉTRY.

# BEST AVAILABLE COPY

N° 1.195.229

M. Tencaris

Pl. unique

Fig.1.

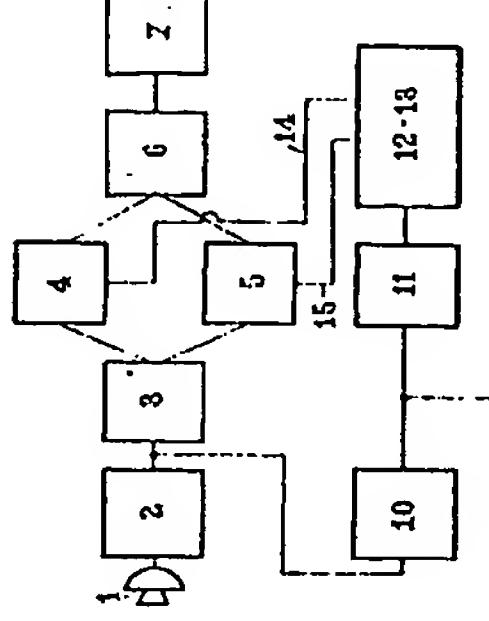


Fig.3.

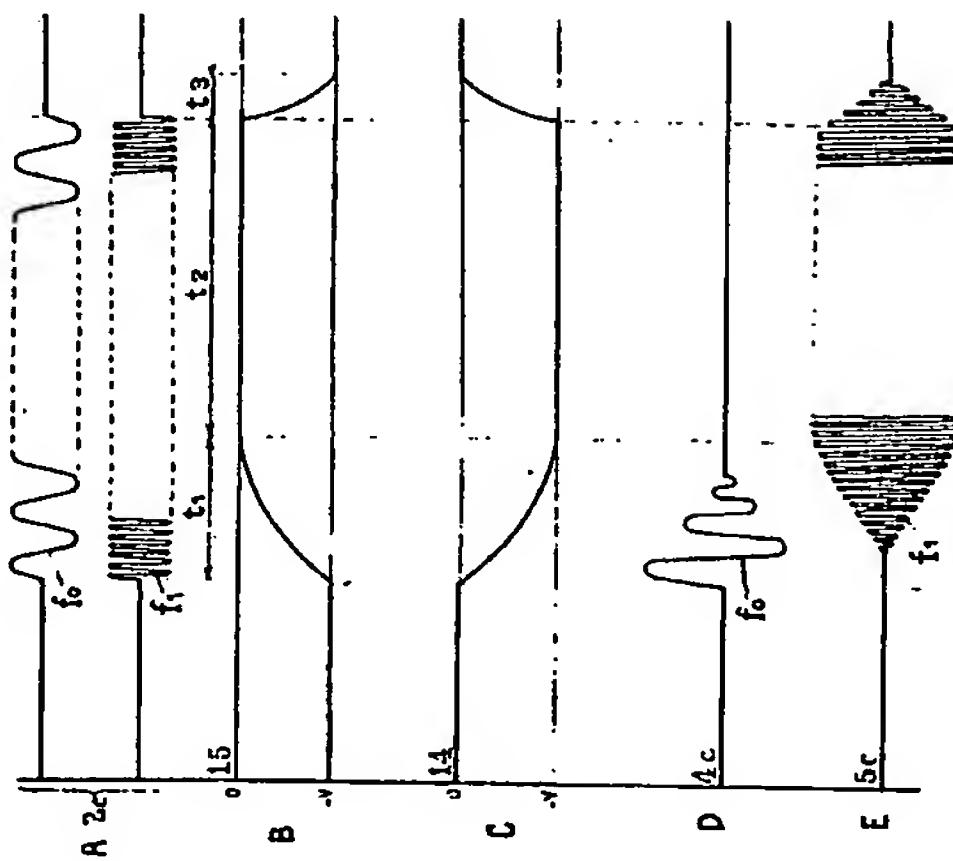


Fig.2.

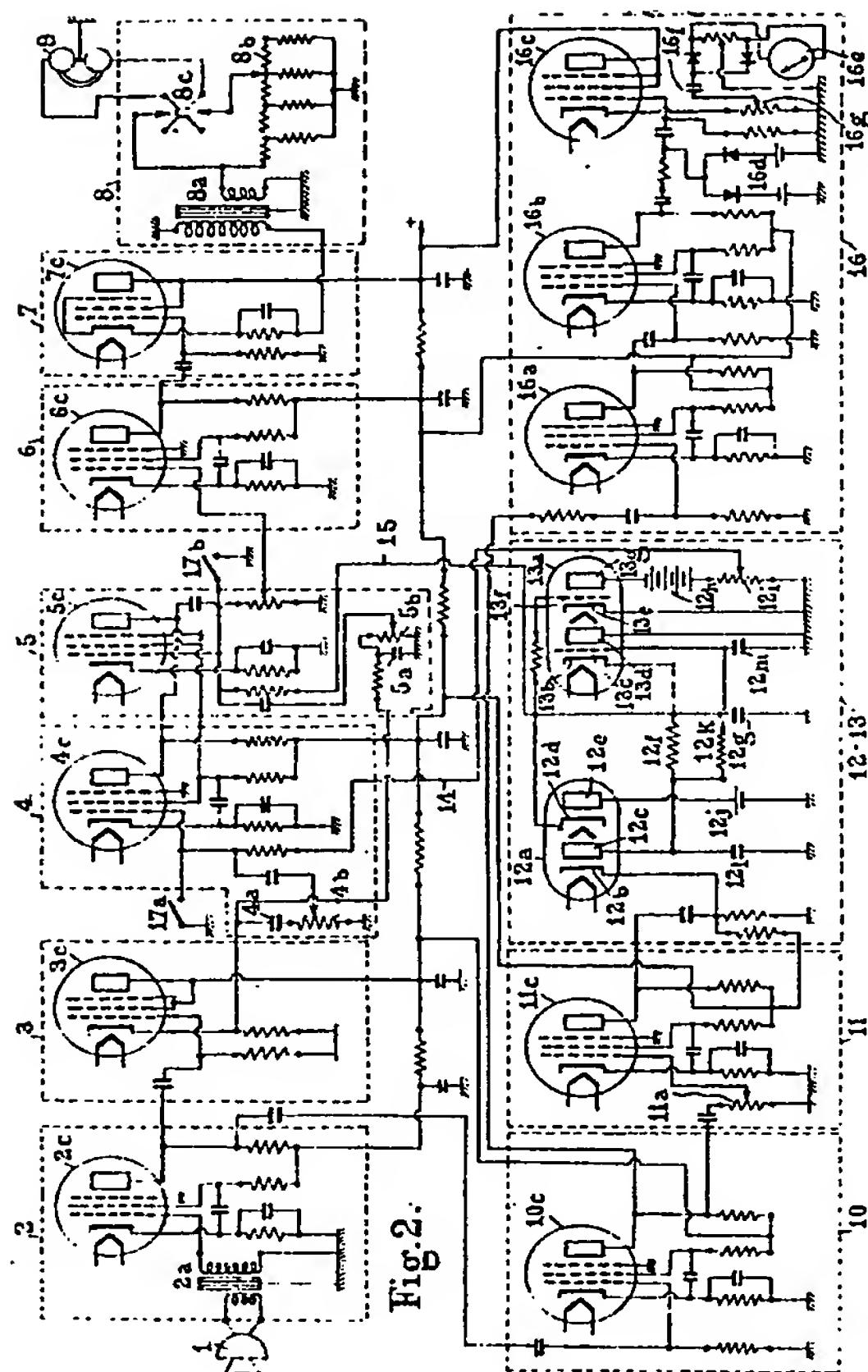


Fig.1.

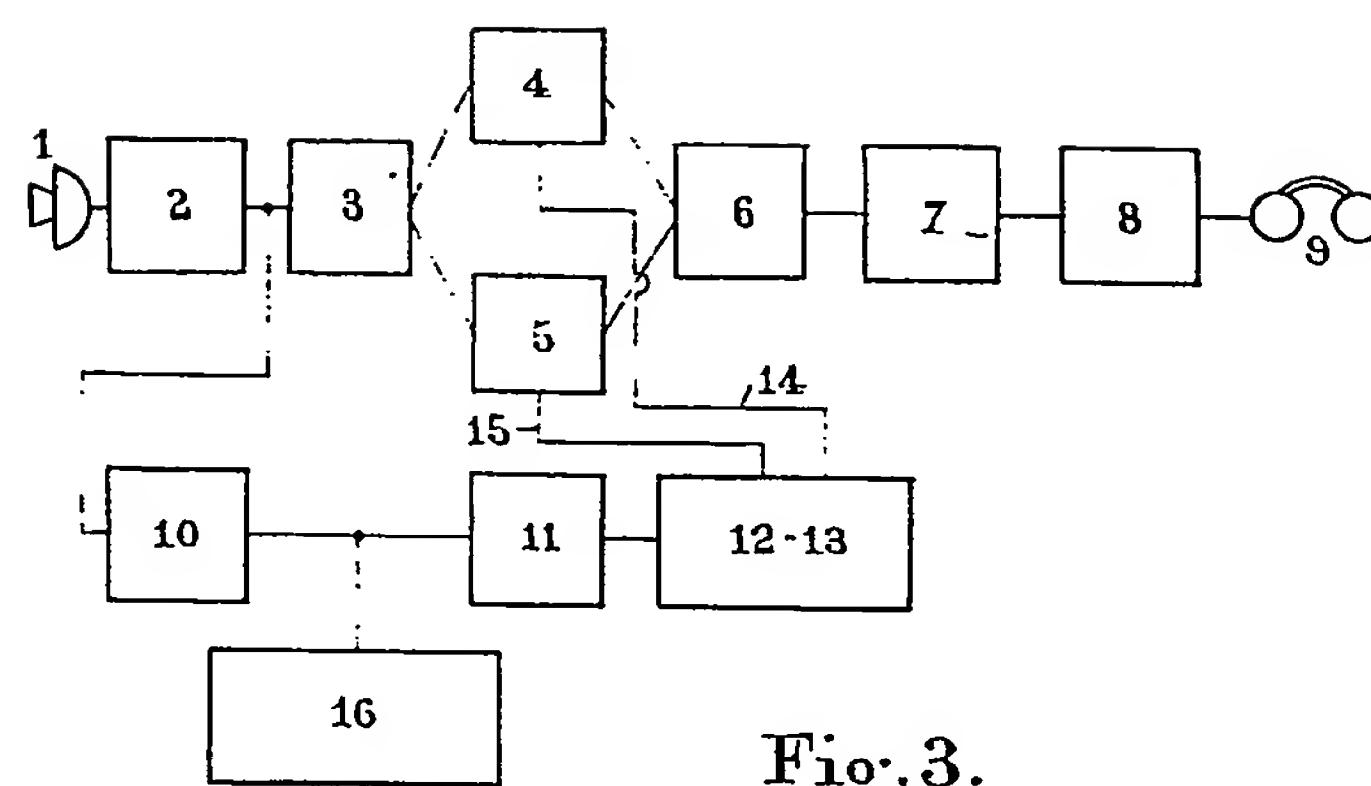
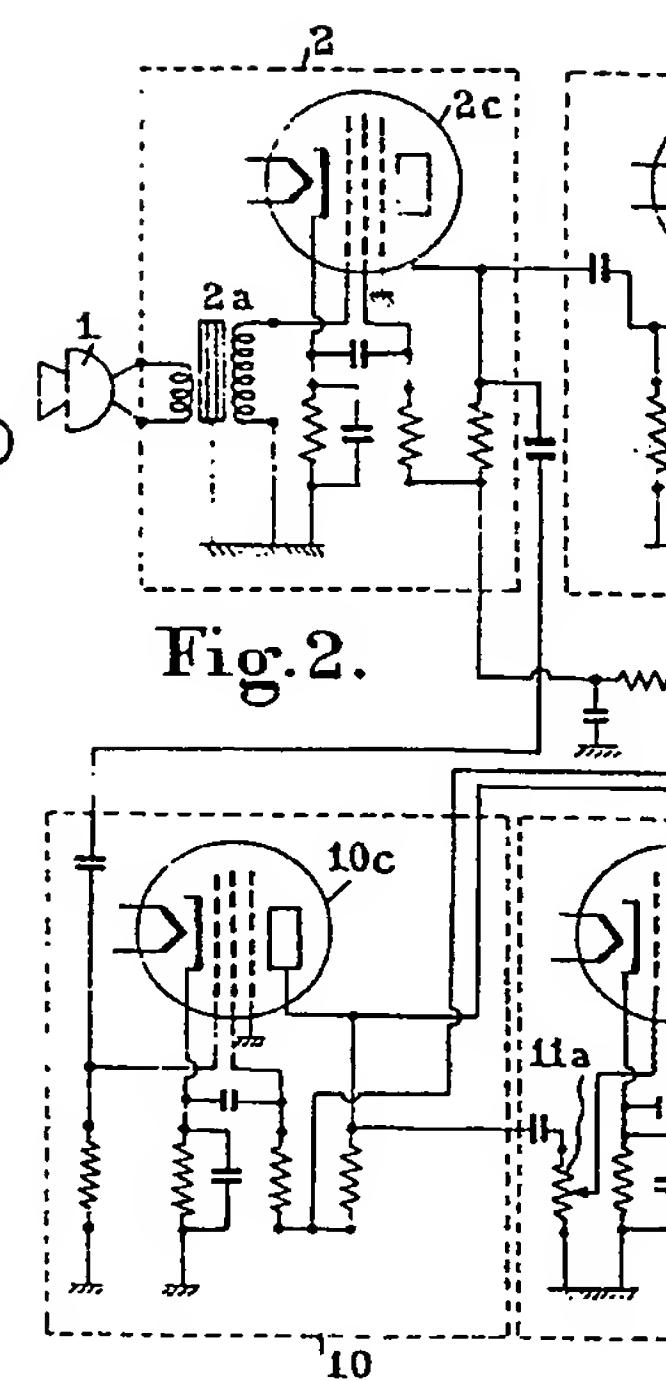
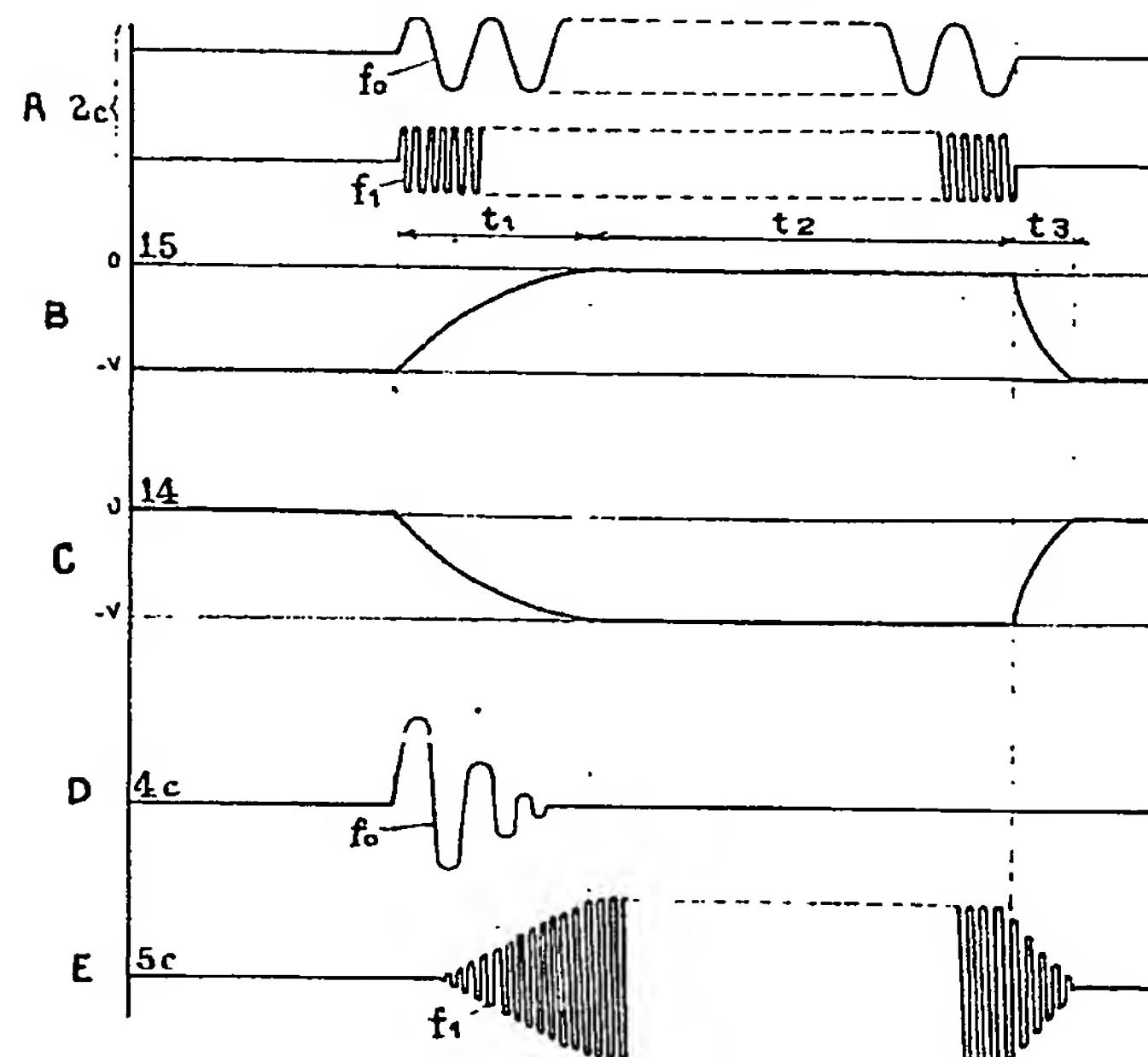


Fig.3.



# BEST AVAILABLE COPY

M. Tomatis

Pl. unique

